

INTERPRETAÇÃO DE ANÁLISE DE SOLO E RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM

Dr. Pécisio Sandir D'Oliveira

Fitotecnia

Embrapa

Mandioca e Fruticultura



PESQUISA AGROPECUÁRIA
INOVAÇÃO • QUALIDADE DE VIDA

INTRODUÇÃO

- Solos brasileiros cultivados com fruteiras: no interior, Latossolos e Argissolos (Podzólicos) e, na faixa litorânea, Quartzarênicos (Areias quartzosas) (CRISÓSTOMO; NAUMOV, 2009).
- Solos tropicais: em geral, ácidos, de baixa fertilidade, altos teores de alumínio e ferro livres (CRISÓSTOMO; NAUMOV, 2009).

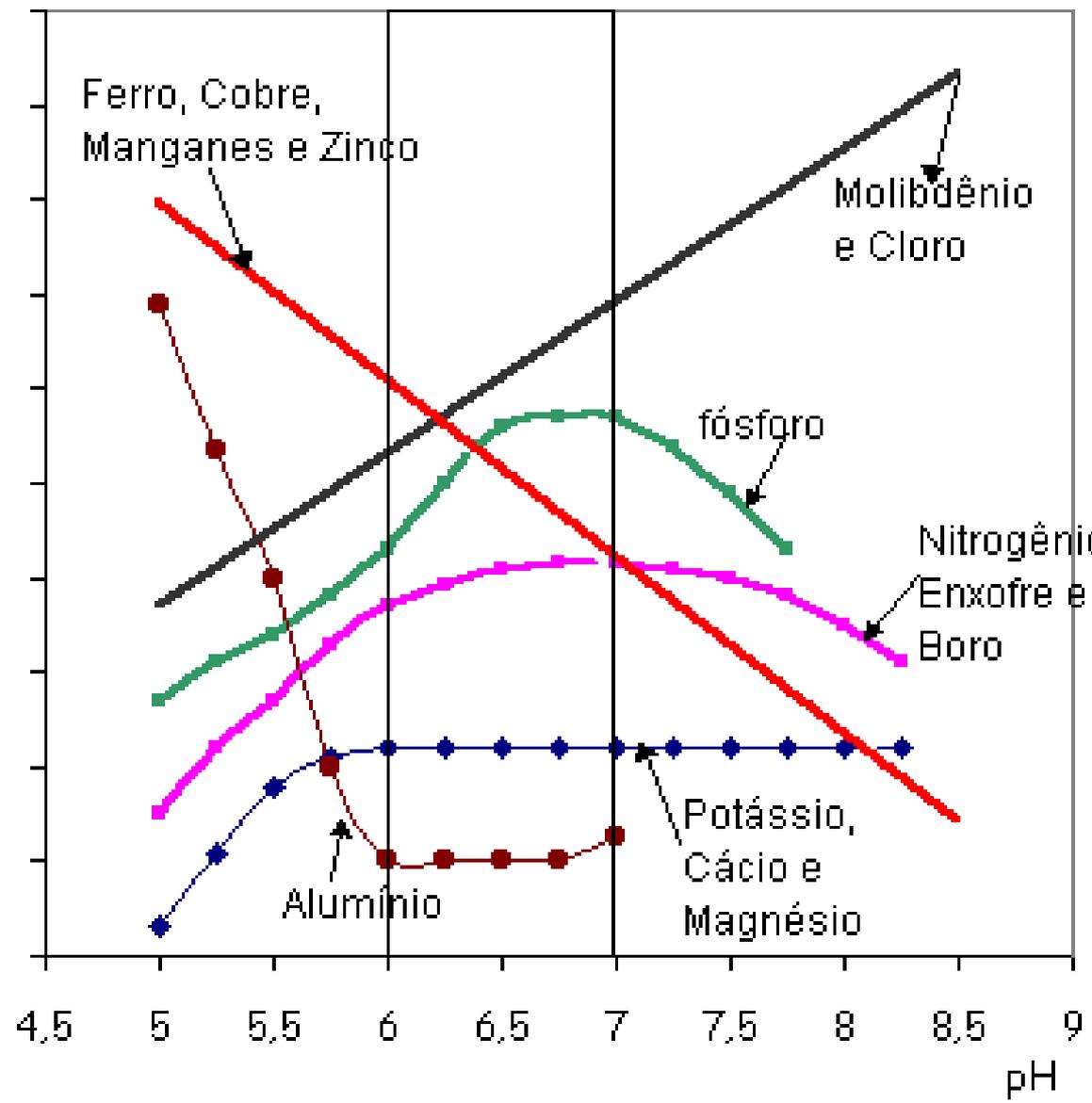
INTRODUÇÃO

- Adubação e calagem: práticas usadas para corrigir as propriedades químicas do solo, garantindo a produtividade das plantas cultivadas e também a qualidade dos produtos colhidos.
- Indispensáveis em solos das regiões tropicais, nas áreas de cultivo de abacaxi, banana e maracujá.

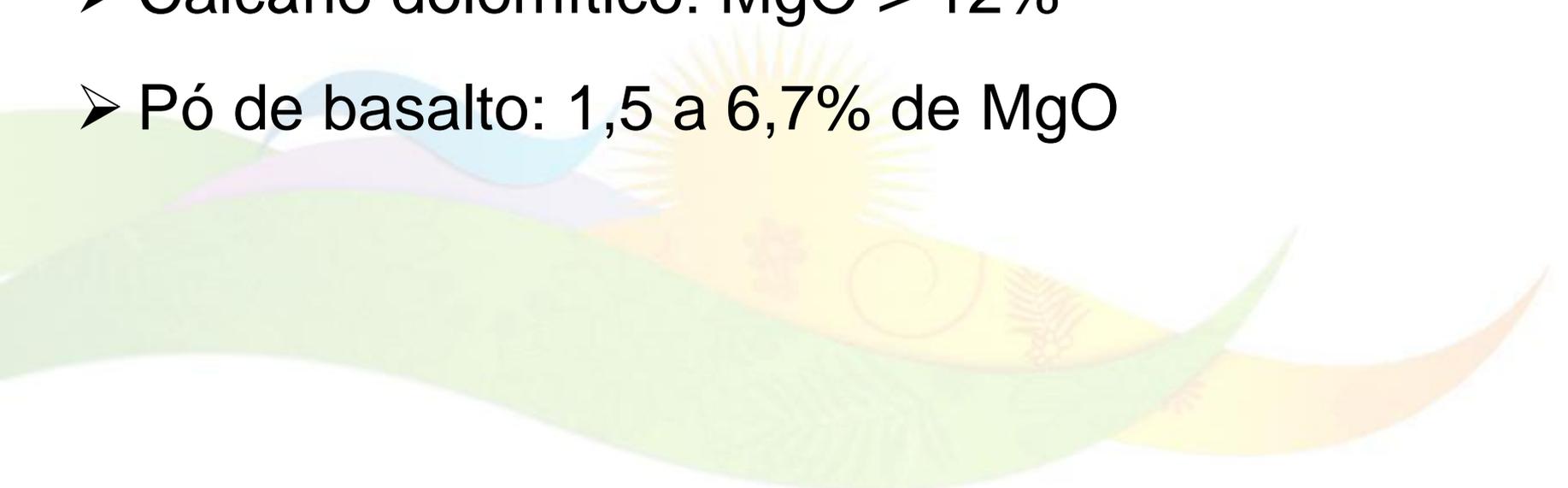
1. CALAGEM

- Aplicação de corretivo de acidez (calcário, cal, escória de siderúrgica, pó de basalto) para elevar o pH e neutralizar elementos tóxicos (Al, Mn).
- Fornecimento de cálcio e de magnésio para as plantas.
- Aumento na disponibilidade de macronutrientes (principalmente N e P) e redução da disponibilidade de micronutrientes

Grau de disponibilidade



1. CALAGEM

- Calcário calcítico: $\text{MgO} < 5\%$
 - Calcário magnesiano: $5 < \text{MgO} < 12\%$
 - Calcário dolomítico: $\text{MgO} > 12\%$
 - Pó de basalto: 1,5 a 6,7% de MgO
- 

CÁLCULOS FEITOS A PARTIR DA ANÁLISE DE SOLO

$$SB \text{ (soma de bases)} = K + Ca^{2+} + Mg^{2+}$$

$$CTC_{\text{Efetiva}} = SB + Al^{3+}$$

$$CTC_{\text{Total}} = SB + (H+Al)$$

$$V \text{ (saturação por bases)} = \frac{SB}{CTC_{\text{Total}}} \times 100$$

$$m \text{ (saturação por } Al^{3+}) = \frac{Al^{3+}}{CTC_{\text{Efetiva}}} \times 100$$

$$39 \text{ mg/dm}^3 \text{ de K} = 0,1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3 \text{ de K}$$

1.1.Recomendação de calcário – Al, Ca e Mg

$$2\text{Al}^{3+} + 2 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = t \text{ ha}^{-1} \text{ calcário}$$

(PRNT = 100%)

- Solos argilosos (>35% de argila): aumentar em 25% a dose estimada.
- Solos arenosos (<15% de argila): diminuir em 25% a dose estimada.

Resultado de Análise de Solo de uma Área de Sapezal-MT

pH	P-Mehl.	K	Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H	
Água CaCl ₂	-- mg/dm ³ --		----- cmol _c /dm ³ -----					
4,6	4,0	0,6	20	0,3	0,2	0,1	0,8	6,7

M.O.	Areia	Silte	Argila	Soma Bases (S)	CTC	Sat. Bases (V)
g/dm ³	----- g/kg-----		----- cmol _c /dm ³ -----			%
33,1	334	86	580	0,4	7,9	4,5

$$2Al^{3+} + 2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) = t \text{ ha}^{-1} \text{ calcário}$$

(PRNT = 100%)

pH	P-Mehl.	K	Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H
Água	CaCl ₂	-- mg/dm ³ --		----- cmol _c /dm ³ -----			
4,6	4,0	0,6	20	0,3	0,2	0,1	0,8

M.O.	Areia	Silte	Argila	Soma Bases (S)	CTC	Sat. Bases (V)
g/dm ³	----- g/kg-----			----- cmol _c /dm ³ -----		%
33,1	334	86	580	0,4	7,9	4,5

$$2Al^{3+} + 2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) = t \text{ ha}^{-1} \text{ calcário}$$

$$1,6 + 2 - 0,3 = 3,3 \text{ t ha}^{-1} + 25\%$$

$$= 4,1 \text{ t ha}^{-1} \text{ de calcário PRNT 100\%}$$

Resultado de Análise de Solo - Área de Alto Garças-MT

pH água	P-Mehlic -----mg/dm ³ -----	K	Ca+Mg	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H
				-----cmol _c /dm ³ -----			
5,5	13,5	104	1,5	1,1	0,4	0,2	4,3

Mat. Org	Areia	Silte	Argila	Soma de Bases	CTC	V
g/dm ³	-----g/kg-----			-----cmol _c /dm ³ -----		%
3,0	717	87	196	1,8	6,3	28,6

$2Al^{3+} + 2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) = t \text{ ha}^{-1} \text{ calcário}$

$0,4 + 2 - 1,5 = 0,9 t \text{ ha}^{-1} \text{ calcário}$

(PRNT = 100%)

1.2.Recomendação de calcário pela soma de bases

$$\text{NC (t/ha)} = \frac{[(V_2 - V_1) \times T]}{100}$$

(PRNT = 100%)

V_2 = saturação por bases desejada (50% para abacaxi, 70% para banana e maracujá)

V_1 = saturação por bases atual do solo
(SB/T x 100)

T = CTC a pH 7 (H+Al+Sb)

SB = (Ca+Mg+K) $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$

Resultado de Análise de Solo – Tabaporã - MT

pH	P	K	Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H + Al	MO
CaCl ₂	mg/dm ³			cmol _c /dm ³				g/kg
4,0	3,0	23,5	0,7	0,5	0,2	0,6	7,7	12,1
Areia	Silte	Argila	Soma bases	CTC		Satur. Bases (V)		
g/kg	g/kg	g/kg	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	%		
330	130	540	0,76	0,76	8,46	8,9		

$$NC \text{ (t/ha)} = \frac{[(V_2 - V_1) \times T]}{100} = \frac{[(50 - 8,9) \times 8,46]}{100}$$

$$NC \text{ (t/ha)} = 3,48 \text{ t ha}^{-1} \text{ (PRNT 100\%)}$$

Resultado de Análise de Solo - Sinop-MT

pH	P	K	Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H + Al	MO
H ₂ O	mg/dm ³			cmol _c /dm ³				g/kg
6,1	208,98	81,00	4,65	3,50	1,15	0,0	3,98	17,5

Areia	Silte	Argila	Soma bases	CTC	Satur. por Bases (V)
g/kg		cmol _c /dm ³			%
460	184	356	4,86	8,84	54,9

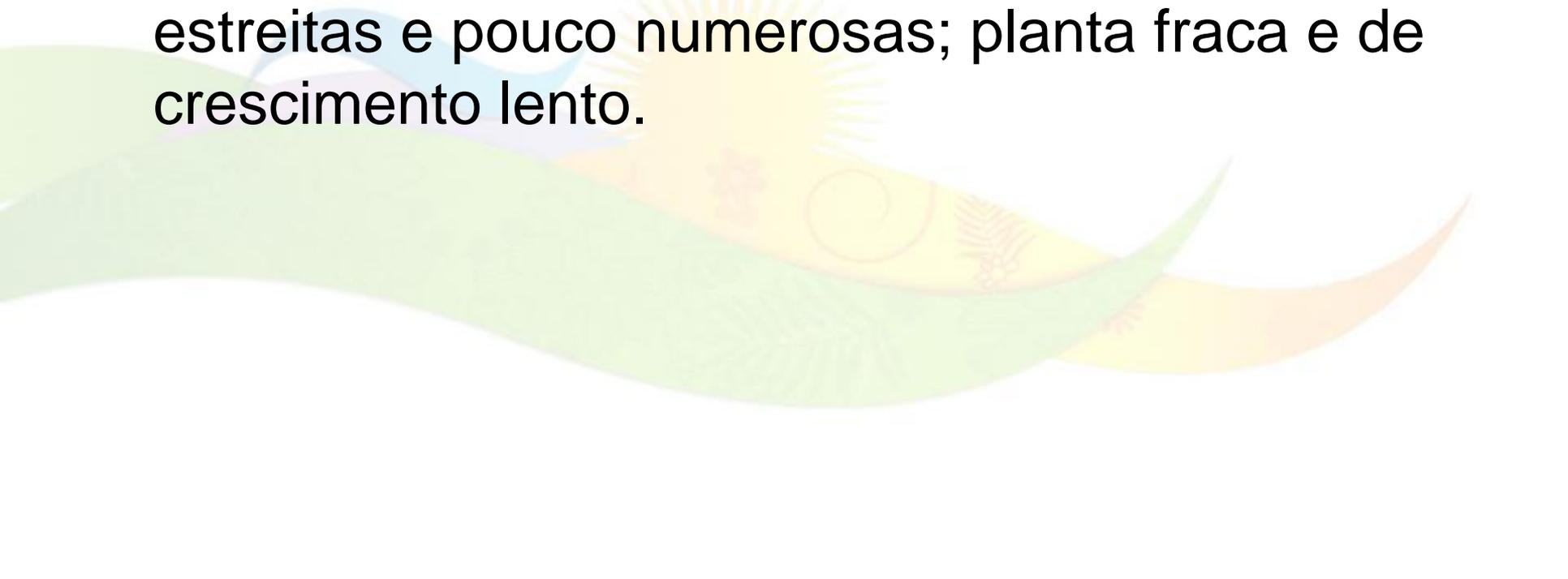
$$NC \text{ (t/ha)} = \frac{[(V_2 - V_1) \times T]}{100} = \frac{[(70 - 54,9) \times 8,84]}{100}$$

$$NC \text{ (t/ha)} = 1,33 \text{ t ha}^{-1} \text{ (PRNT 100\%)}$$

2. ADUBAÇÃO

- **Macronutrientes:** nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S).
- **Micronutrientes:** boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).
- Tanto os macro quanto os micronutrientes exercem funções importantes no metabolismo da planta.

2.1. Nitrogênio

- Função: componente de proteínas e ácidos nucleicos; fundamental para o crescimento da planta.
 - Sintomas de deficiência: folhagem amarelo-esverdeada a amarela; folhas pequenas, estreitas e pouco numerosas; planta fraca e de crescimento lento.
- 



Sintomas de deficiência de N no abacaxi cv. Imperial (Foto: Maria José Mota Ramos).



Deficiência de N no abacaxi: folhas verde-pálidas enquanto as normais estão verde-escuras (Domingo Haroldo Reinhardt).

Deficiência de nitrogênio na bananeira: folhas jovens com coloração amarelada, menor desenvolvimento da planta (Fotos: Ana Lúcia Borges).



Fontes de nitrogênio

- Uréia: 44% de N
- Sulfato de amônio: 20% de N e 22-24% de S
- Nitrato de amônio: 32% de N
- Formulações: 04-14-08, 10-10-10, 20-05-20
- Adubos orgânicos: cama de frango, composto vegetal, esterco bovino

2.2. Fósforo

- Função: favorece o desenvolvimento do sistema radicular, e faz parte dos processos de fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento das células.
- Sintomas de deficiência: redução do crescimento da planta; folhas velhas ficam verde-escuras; em banana, clorose marginal na folha em forma de “dentes de serra”.



Sintomas de deficiência de fósforo em bananeira: nas folhas velhas, clorose marginal em forma de “dentes de serra”. Pecíolo se quebra; folhas jovens com coloração verde-escura tendendo a azulada (Fotos: Ana Lúcia Borges).

Fontes de fósforo

- Fosfato natural: 6 a 9% de P_2O_5 solúvel (P_2O_5 total pode chegar a 24-28%)
- Superfosfato simples: 18 % de P_2O_5
- Superfosfato triplo: 41% de P_2O_5
- Fosfato Monoamônico (MAP): 48% de P_2O_5 , 9% de N
- Termofosfato Magnesiano (Yoorin): 14% P_2O_5 , 7% de Mg

2.3. Potássio

- Função: favorece o desenvolvimento do sistema radicular, e faz parte dos processos de fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento das células.
- O potássio não forma compostos na planta, ao contrário dos outros macronutrientes.

2.3. Potássio

- Sintomas de deficiência: no abacaxi, folhas com pontuações amarelas, fruto pequeno, sem acidez e aroma; na banana, clorose amarelo alaranjada e necrose no bordo foliar; em maracujá, ocorre clorose progressiva dos bordos para o interior das folhas, necrose e “queima” dos tecidos.



Sintomas de deficiência de potássio na bananeira: folhas velhas apresentam clorose amarelo-alaranjada e necroses nos bordos. Limbo se dobra na ponta da folhas, aspecto encarquilhado. (Fotos: Ana Lúcia Borges)

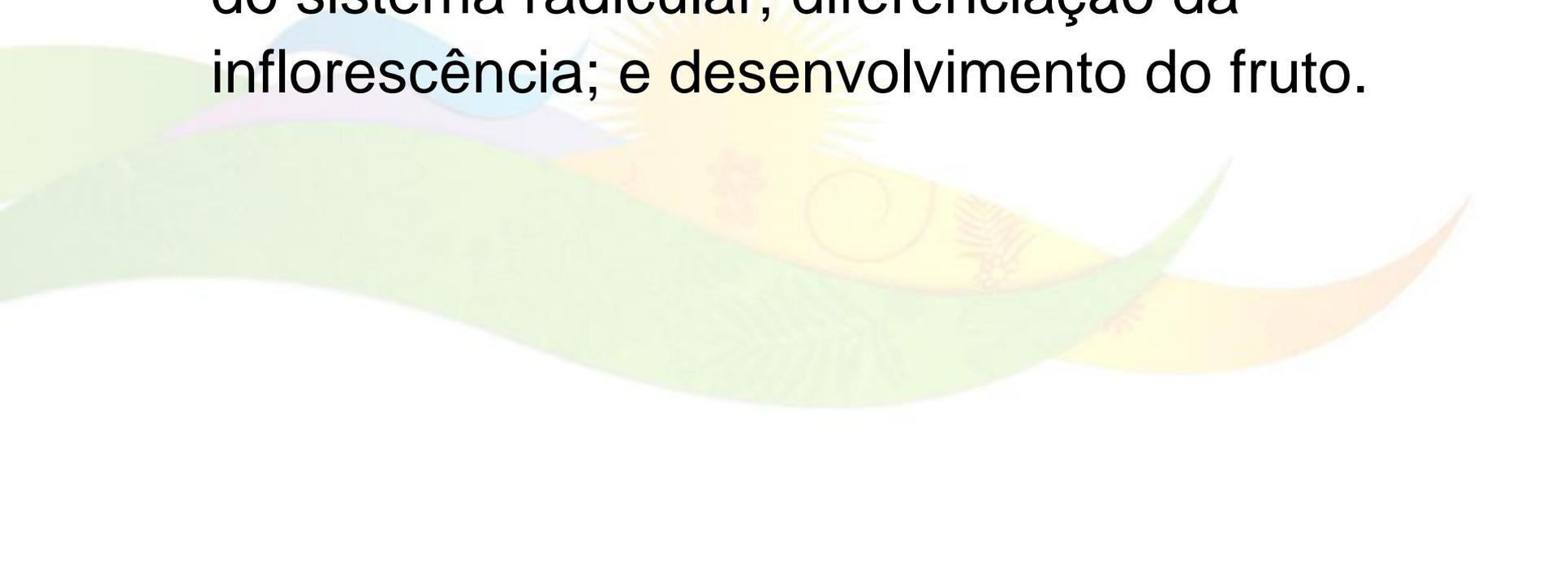


Deficiência de potássio em abacaxi (Reinhardt, 2009).

Fontes de potássio

- Cloreto de potássio: 58% de K_2O
 - Sulfato de potássio: 48% de K_2O
 - Nitrato de potássio: 44% de K_2O e 13% de N
- 

2.4. Cálcio

- Função: constituinte da parede celular; manutenção da integridade estrutural das membranas e da parede celular; formação do sistema radicular; diferenciação da inflorescência; e desenvolvimento do fruto.
- 

2.4. Cálcio

- Sintomas de deficiência: folhas muito pequenas, curtas, estreitas e quebradiças; folhas jovens exibem clorose nos bordos; ocorre engrossamento das nervuras secundárias; clorose marginal descontínua e em forma de “dentes de serra”; diminuição do tamanho da folha.



Sintomas de deficiência de cálcio em bananeira: nervuras secundárias salientes (Foto: Ana Lúcia Borges).

Fontes de cálcio

- Calcário calcítico (50-53% de CaO)
- Calcário dolomítico (45-48% de CaO)
- Gesso agrícola: 30% de CaO e 18% de S
- Nitrato de cálcio: 28% de Ca
- Sulfato de cálcio: 16-18% de Ca

2.5. Magnésio

- Função: ativador das enzimas transferidoras de fosfato; componente da molécula de clorofila.
- Sintomas de deficiência: na banana, clorose da parte interna do limbo, com a nervura central e os bordos permanecendo verdes. Quando os sintomas atingem os cachos, esses se tornam raquíticos e deformados, a maturação dos frutos, é irregular, a polpa é mole, viscosa, de sabor desagradável.



DEFICIÊNCIA DE Mg
clorose magnesiana
(Fotos: Ana Lúcia Borges)

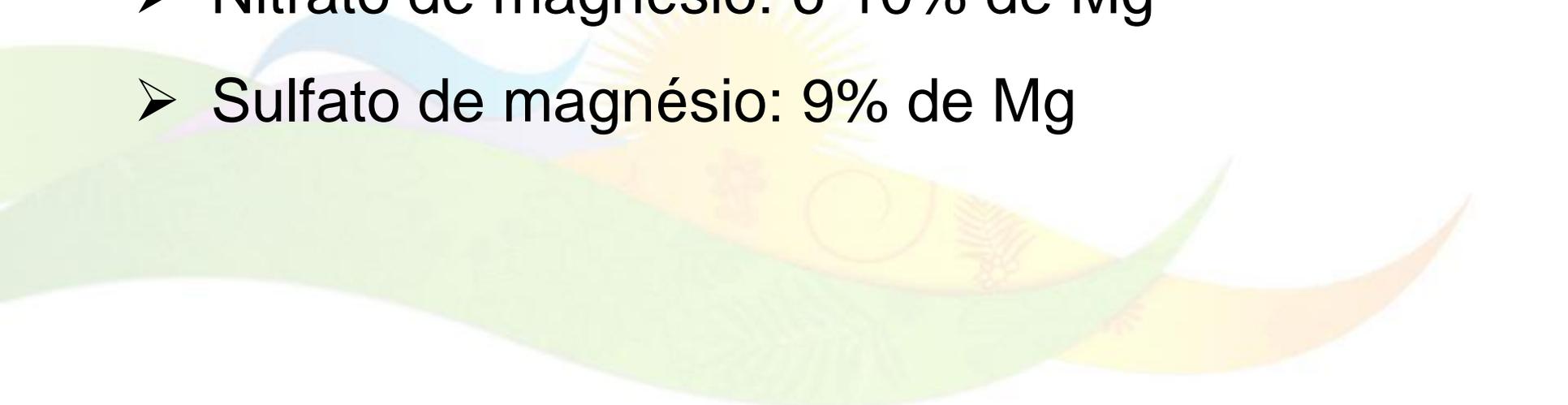


DEFICIÊNCIA DE Mg
desbainhamento

2.5. Magnésio

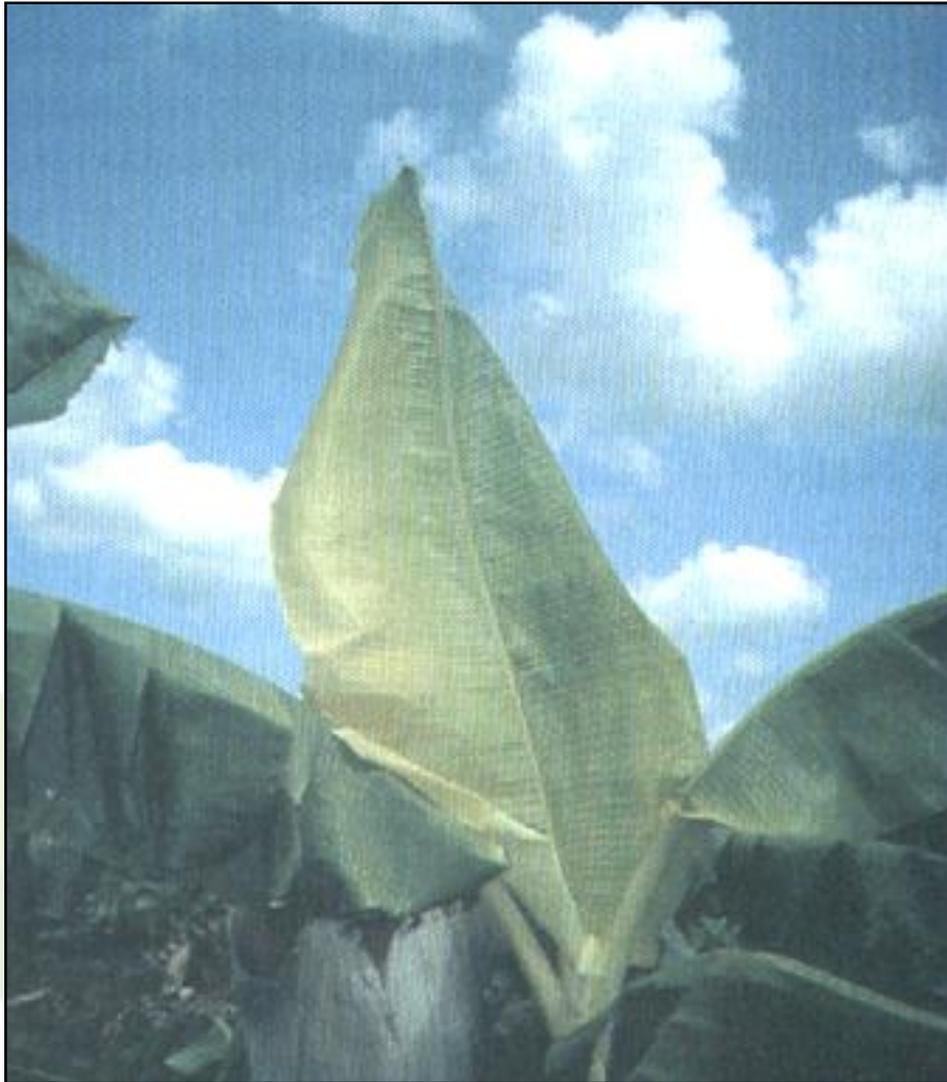
- Sintomas de deficiência: no abacaxi, as folhas velhas ficam amarelas, exceto quando sombreadas por folhas mais jovens; frutos sem acidez, pobres em açúcar, sem sabor.
- No maracujá, as folhas velhas têm manchas amareladas entre as nervuras, limbo encarquilhado e voltado para baixo.

Fontes de magnésio

- Calcário magnesiano
 - Calcário dolomítico
 - Nitrato de magnésio: 6-10% de Mg
 - Sulfato de magnésio: 9% de Mg
- 

2.6. Enxofre

- Função: constituinte de aminoácidos e de várias coenzimas, além de vitaminas essenciais ao metabolismo.
- Deficiência: folhas jovens tornam-se verde-pálidas a amarelas (clorose); ocorre engrossamento das nervuras secundárias; em maracujá, além disso, as nervuras se tornam avermelhadas na face inferior da folha, e os ramos se tornam mais finos e lenhosos.



Deficiência de enxofre em folhas mais novas da bananeira (Fotos: Ana Lúcia Borges)

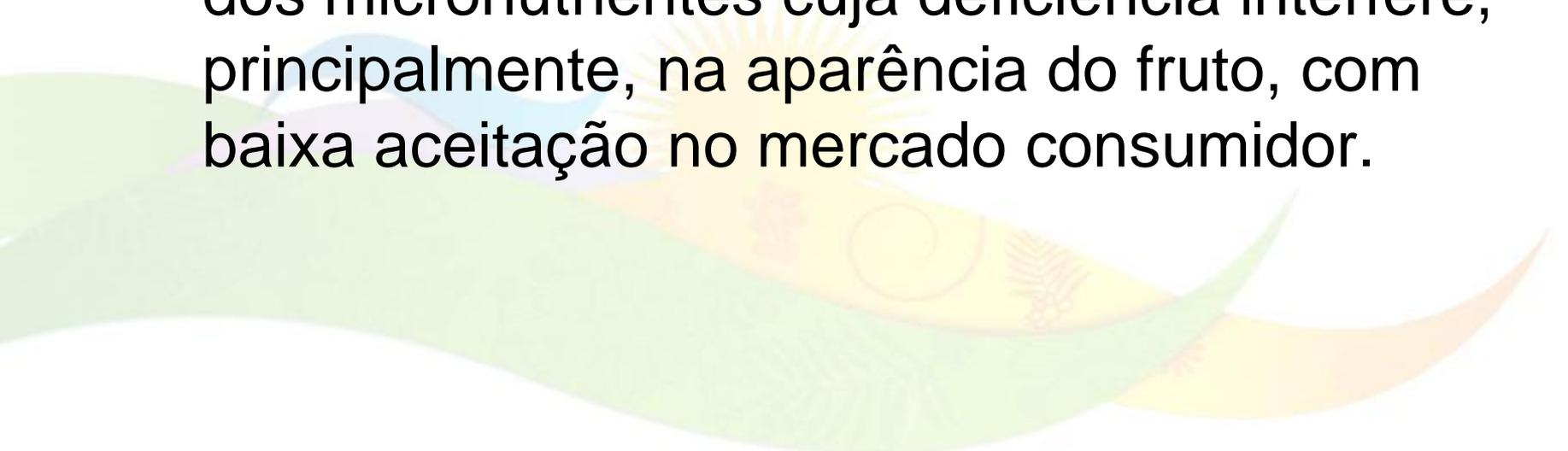


necrose limbo

Fontes de enxofre

- Gesso agrícola: 30% de CaO e 18% de S
- Sulfato de amônio: 24% de S
- Superfosfato simples: 10-12% de S
- Sulfato de potássio: 15-17% de S
- Sulfato duplo de K e Mg: 22-24% de S
- Sulfato de cálcio: 13% de S
- Sulfato de magnésio: 12-14% de S

3.1. Boro

- Função: alongamento celular, síntese dos ácidos nucléicos, nas respostas hormonais e no funcionamento de membranas. Este é um dos micronutrientes cuja deficiência interfere, principalmente, na aparência do fruto, com baixa aceitação no mercado consumidor.
- 

3.1. Boro

- Sintomas de deficiência: no abacaxi, clorose das folhas jovens, avermelhamento dos bordos do ápice; frutos pequenos e esféricos. Na banana, folhas jovens com listra perpendicular às nervuras secundárias; folhas deformadas; cachos deformados, poucos frutos e atrofiados; empedramento na banana 'Maçã'. Em maracujá, clorose irregular e manchas necróticas nas margens das folhas; paralisação do crescimento meristemático.

Fontes de boro

- Ácido bórico (H_3BO_3): 17% de B
- Bórax: 11% de B
- FTE BR 12: 1,8% de B, 0,8% de Cu, 3,5% de Fe, 2% de Mn, 9% de Zn



Frutos deformados por deficiência de boro em mamoeiro.
(Foto: Arlene Maria Gomes Oliveira).

3.2. Cobre

- Função: constituinte de moléculas de proteínas, do metabolismo de carboidratos, da nodulação e fixação de nitrogênio (em leguminosas), da lignificação de paredes celulares, da formação do grão de pólen e fertilização.

3.2. Cobre

- Sintomas de deficiência: em abacaxi, folhas verde-claras, estreitas com bordos ondulados e calha pronunciada em forma de “U” na seção transversal; folhas velhas caídas, com cor vermelho-púrpura; plantas raquíticas. Em banana, tanto folhas jovens quanto velhas apresentam dobra da nervura principal. Em maracujá, as folhas velhas ficam grandes e largas, verde escuras e se curvam para baixo.



Deficiência de cobre em abacaxi
(Foto: Domingo Haroldo Reinhardt).

3.3. Ferro

- Função: ferro é componente de citocromos, catalase, peroxidases e leghemoglobina; participa da síntese de clorofila e de proteína.
- Sintomas de deficiência: em abacaxi, desenvolvimento de clorose, iniciando-se em folhas jovens; folhas ficam flácidas, largas, amarelas, com uma rede verde correspondendo aos vasos condutores; folhas velhas secas; fruto vermelho com coroa clorótica.

3.3. Ferro

- Sintomas de deficiência: em banana, as folhas jovens tornam-se amarelas, quase brancas; as pencas anormais, com frutos curtos. Em maracujá, ocorre clorose entre as nervuras das folhas jovens.



Deficiência de ferro em abacaxi
(Foto: Domingo Haroldo Reinhardt)

UM MÉTODO SIMPLES DE INTERPRETAR ANÁLISES DE SOLO E RECOMENDAR CALCÁRIO E FERTILIZANTES PARA FRUTEIRAS



Adaptado de R.F. Novais

Níveis de P e K disponíveis no solo

Faixa de Disponibilidade	Fósforo			Potássio	
	Mehlich 1 (Argila %)			Resina "Disponível"	
	> 35	15 – 35	< 15		
	----- mg dm ⁻³ -----				
Baixo	0 – 5	0 – 10	0 – 20	0 – 20	0 – 30
Médio	6 – 10	11 – 20	21 – 40	21 – 40	31 – 60
Alto	> 10	> 20	> 40	> 40	> 60

TABELA 1. Recomendações de adubação para o abacaxizeiro irrigado nas regiões semiáridas, com base em resultados analíticos do solo (SOUZA et al., 2001).

Nutriente	Em cobertura – após o plantio			
	1º ao 2º mês	4º ao 5º mês	6º ao 7º mês	8º ao 9º mês
----- N (kg/ha) -----				
N mineral ou orgânico	60	80	90	90
----- P ₂ O ₅ (kg/ha) -----				
P no solo (Mehlich-1)				
(mg/kg)				
Até 5	120	---	---	---
6 – 10	80	---	---	---
11 – 15	40	---	---	---
----- K ₂ O (kg/ha) -----				
K no solo (cmol _c /dm ³)				
Até 0,07	90	120	135	135
0,08 – 0,15	75	100	110	115
0,16 – 0,23	60	80	90	90
0,24 – 0,31	45	60	65	70

TABELA 2. Recomendações de adubação nas fases de plantio, formação e produção da bananeira (BORGES et al., 2002).

	N (kg/ha)	P Mehlich-1 (mg/dm ³)				K solo (cmol _c /dm ³) ²			
		0-6	7-15	15-30	>30	0-0,15	0,16-0,30	0,31-0,60	>0,60
		----- P ₂ O ₅ (kg/ha) -----				----- K ₂ O (kg/ha) -----			
PLANTIO									
	75 ¹	120	80	40	0	20	0	0	0
FORMAÇÃO									
Dias após o plantio									
30	10	0	0	0	0	20	0	0	0
60	10	0	0	0	0	30	30	0	0
90	15	0	0	0	0	30	30	20	0
120	15	0	0	0	0	50	40	30	0
120-360	100	0	0	0	0	300	250	150	0
PRODUÇÃO									
Produtividade esperada (t/ha)									
< 20	150	80	60	40	0	300	200	100	0
20 – 40	190	100	80	50	0	450	300	150	0
40 – 60	230	120	100	70	0	600	400	200	0
> 60	270	160	120	80	0	750	500	250	0

¹Na forma de esterco bovino curtido. ²cmol_c de K/dm³ = mg de K/dm³ /390

TABELA 3. Recomendações de adubação nas fases de plantio, formação e produção do maracujazeiro (BORGES et al., 2002).

	P no solo (Mehlich-1) (mg/dm ³)				K no solo (cmol _c /dm ³) ²				
	N (kg/ha)	0-7	8-20	> 20	0 – 0,07	0,08 – 0,15	0,16 – 0,30	0,31 – 0,50	> 0,50
		--- P ₂ O ₅ (kg/ha) ---				----- K ₂ O (kg/ha) -----			
PLANTIO									
	150 ¹	120	80	0	20	0	0	0	0
Dias após o plantio	FORMAÇÃO								
30	10	0	0	0	10	10	0	0	0
60	20	0	0	0	20	20	10	0	0
90	30	0	0	0	40	30	20	10	0
120-180	40	0	0	0	60	40	30	20	0
Produtividade esperada (t/ha)	PRODUÇÃO								
< 15	50	50	30	20	100	90	70	50	0
15 – 25	70	90	60	40	160	120	90	70	0
25 – 35	90	120	80	50	200	160	120	80	0
> 35	120	150	100	60	250	200	150	100	0

¹Na forma de esterco bovino curtido. ²cmol_c/dm³ de K = mg/dm³ de K/390.

Resultado de Análise de Solo de uma Área de Sorriso-MT

pH	P	K	Ca + Mg	Ca	Mg	Al	H + Al	MO
CaCl ₂	mg/dm ³		cmol _c /dm ³					g/kg
3,9	1,9	15,6	0,3	0,3	0,2	1,0	7,2	17,4

Areia	Silte	Argila	Soma bases	CTC	Satur. Bases (V)
g/kg		cmol _c /dm ³			%
380	130	490	0,54	7,74	7

Interpretação da análise para a cultura da banana (produção)

Solo argiloso (49% argila)

Fósforo = baixo

Potássio = baixo

Recomendação:

Nitrogênio = 230 kg/ha de N

Fósforo = 120 kg/ha de P_2O_5

Potássio = 600 kg/ha de K_2O

Uréia

➤ uréia: 44% de N

100 kg de uréia ----- 44 kg de N

x kg de uréia ----- **230 kg de N**

$$44x = 23.000$$

$$x = 23.000/44 = 522,7 \text{ kg/ha}$$

Superfosfato simples

➤ superfosfato simples: 18 % de P_2O_5

100 kg de Yarin ----- 18 kg de P_2O_5

x kg de Yarin ----- **120 kg de P_2O_5**

$$18x = 24.000$$

$$x = 12.000/18 = 666,67 \text{ kg/ha}$$

Cloreto de potássio

- cloreto de potássio: 58% de K_2O

100 kg de KCl ----- 58 kg de K_2O

x kg de KCl ----- **600 kg de K_2O**

$$58x = 24.000$$

$$x = 60.000/58 = 1.034 \text{ kg/ha}$$

Micronutrientes (quando necessário)

- Aplicar, no plantio, 2 kg/ha do micronutriente

Enxofre (quando necessário)

- Aplicar, no plantio, 40 kg/ha de enxofre
- 



OBRIGADO!

Pérsio Sandir D'Oliveira
persio@cnpmf.embrapa.br



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

